

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Дементьева Юрия Анатольевича «Экспериментальное исследование двухфазных течений в плоских микроканалах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертационная работа Ю.А. Дементьева посвящена решению актуальной научно-технической задачи, связанной с экспериментальным исследованием гидродинамики и теплообмена двухфазных течений в плоских микроканалах. Развитие микрофлюидных технологий и систем интенсивного охлаждения микроэлектроники требует глубокого понимания физических процессов, протекающих в микромасштабных условиях. В данном контексте представленное экспериментальное исследование, охватывающее уникальный и малоизученный диапазон высот каналов (10–55 мкм), обладает **высокой актуальностью и практической значимостью**.

Автором в полной мере сформулирована **научная цель и комплекс взаимосвязанных задач**, решение которых направлено на выявление новых закономерностей двухфазных течений. В автореферате содержится последовательное и аргументированное изложение ключевых результатов, подтверждающих фундаментальный характер проведённого исследования и всестороннюю проработку заявленной проблематики.

Научная новизна работы подтверждается следующими результатами: впервые выполнен комплексное экспериментальное исследование двухфазных течений в плоских микроканалах высотой 10–55 мкм; выявлена и описана модифицированная капиллярно-модуляционная неустойчивость Саффмана-Тейлора как основной режимобразующий фактор; предложена новая классификация режимов течений; впервые модифицирована модель раздельного течения Локхарта-Мартинелли для предсказания двухфазного перепада давления с учётом сжимаемости газовой фазы; разработана корреляция для параметра межфазного взаимодействия, обеспечивающая прогнозирование перепада давления со средней абсолютной погрешностью 12%; впервые исследовано влияние плотности теплового потока на перепад давления в условиях локального нагрева и выявлен механизм его снижения за счёт осушения стенок канала.

Достоверность полученных результатов обоснована применением современных высокоточных методов измерений и визуализации (высокоскоростная съёмка, шпирен-методика), проведением калибровок, анализом неопределённостей, повторяемостью данных, а также публикацией результатов в ведущих рецензируемых научных журналах.

Личный вклад автора представляется существенным и заключается в самостоятельном проведении всего цикла исследований: от разработки и сборки уникальных экспериментальных стендов и изготовления рабочих участков с использованием микротехнологий, проведения экспериментов, обработки и интерпретации данных до подготовки публикаций.

Практическая значимость работы заключается в создании надежной научно-экспериментальной базы и конкретных инженерных инструментов для проектирования нового поколения микросистем. Полученный обширный массив новых экспериментальных данных о режимах течения, перепаде давления и механизмах межфазного взаимодействия в уникальном диапазоне высот 10–55 мкм закрывает существующий информационный пробел, что позволяет перейти от эмпирических оценок к точному расчету характеристик двухфазных течений в микромасштабе. Разработанные прикладные инструменты — модифицированная модель Локхарта-Мартинелли с учётом сжимаемости газа и высокоточная корреляция для параметра межфазного взаимодействия — обеспечивают эффективное прогнозирование гидравлического сопротивления, что имеет ключевое значение для оптимизации энергозатрат на прокачку теплоносителя. Непосредственная ценность результатов проявляется при создании высокоэффективных систем охлаждения 3D-микрочипов, компактных микротеплообменников для аэрокосмической техники и химической аппаратуры, микроэлектромеханических систем (МЭМС), а также микрофлюидных устройств медицинского назначения, где точное прогнозирование поведения жидкостей и газов критически важно для функционирования.

Несмотря на высокий уровень изложения, в автореферате можно выделить несколько моментов, требующих дополнительного пояснения при защите:

1. Вы вводите новый термин для описания неустойчивости. Можно ли формально, через анализ линейной устойчивости (например, модифицировав уравнение Рэлея-Тейлора или Саффмана-Тейлора с учетом конечной высоты канала и ламинарного течения), получить дисперсионное соотношение, которое бы предсказало характерные пространственные масштабы наблюдаемых пальцев? Какие члены в таком уравнении были бы доминирующими в ваших условиях ($Ca < 1$, $We < 1$)?
2. Наблюдали ли вы при постоянных внешних параметрах (Gg , Gl) переходы между режимами во времени, то есть гистерезис или стохастическое переключение? Или течение всегда стационарно и детерминировано? Это важно для понимания, является ли предложенная вами классификация строгой, или же некоторые режимы — метастабильные состояния.

